

## MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD에 의한 <sup>60</sup>Co 강내 치료 환자의 직장의 흡수선량 평가

유명진\*· 신병철, 문장우, 정태식, 엄하용  
고신대학교 의과대학 의예과\*, 치료방사선과학교실  
도시홍  
수산대학교 물리학과

### 초 록

자궁강내 치료시 직장의 흡수선량을 TLD로 직접 측정함으로써 컴퓨터에 의한 계산값과 비교하여 보다 더 정확한 흡수선량을 결정하고자 한다. 마그네슘 보레이트에 Mn을 활성제로 첨가한 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD를 제작하여 기본적인 특성조사를 하였다. 1994년 4월부터 9월까지 고신의료원 치료방사선과에서 <sup>60</sup>Co 강내치료를 받은 환자 33명을 대상으로 직장의 흡수선량 측정을 하였다. 직장의 흡수선량을 컴퓨터로 계산한 값과 TLD로 측정된 값을 비교한 결과 대부분이 10-59% 이내의 차이를 보였다. Tandem과 Ovoid를 같이 사용한 환자보다 Ovoid만 사용한 환자에게 있어서 차이가 적게 나는 것으로 나타났다.

Key Words : 직장의 흡수선량, 강내치료, MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD

### 서 론

MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>은 가장 최근에 개발된 TLD host 물질로서 1977년 Paun<sup>1)</sup>등이 처음으로 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>에 활성제 Zn, Pb, Ag등을 넣어 magnesium borate TLD 물질로 소개하였다. 그후 1980년에 유고슬라비아의 Prokic<sup>2)</sup>이 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>에 희토류 원소인 Dy를 활성제로 넣어 열형광 특성이 매우 뛰어난 TLD를 개발하였다.

본 연구의 목적은 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>에 Mn을 활성제로 첨가한 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD를 제작하고 이것을 임상에 적용하여 자궁강내 방사선치료 환자의 직장의 흡수선량을 측정하고자 한다.

직장의 흡수선량 평가는 현재 치료 계획용 컴퓨터에 의해 이론적으로 계산하고 있는데 그 계산방법은 linear 형태의 방사성 선원을 조직 속에 삽입하였을 때 조직 주위의 방사선 산란과 감쇠를 고려하여 관심있는 지점의 흡수선량을 계산하고 있다. 그러나 여러가지 원인으로 인해 컴퓨터로 계산한 직장의 흡수선량과 실험적으로 구한 값들 사이에는 상당한 차이가 있을 것으로 생각된다. 자궁강내 방사선치료 효과를 증대시키기 위해서는 직장의 흡수선량을 정확하게 측정하는 것이 필요하다.

## 내용 및 방법

### 1) TLD의 제작 및 판독장치

그림 1은 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD를 제작하는 과정을 나타낸 것이다. 4MgCO<sub>3</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, 5H<sub>2</sub>O와 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>를 mole %로 무게를 단 후 활성제로 소량의 MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O를 묶은 질산에 넣어 충분히 혼합한다. 이 혼합물을 건조기에서 건조시킨 후, 전기로에 넣어 고온에서 소성하여 MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD 분말을 제작한다.

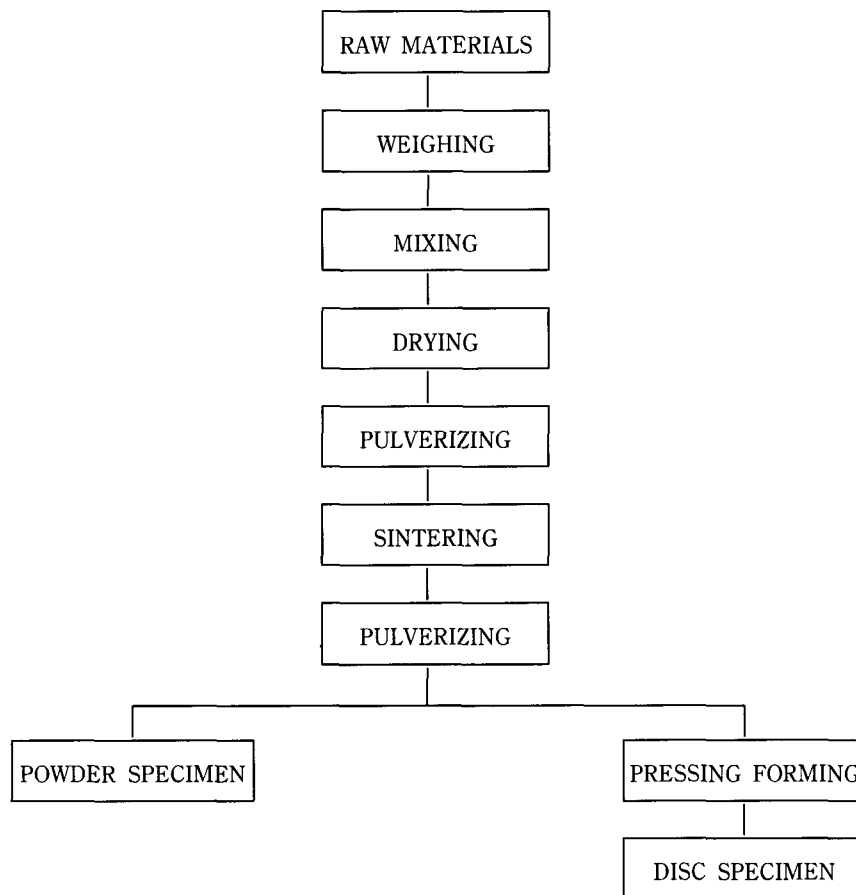


Fig. 1 Flow diagram of manufacturing process for magnesium borate TLD

그림 2는 TLD가 받은 흡수선량을 측정하기 위해 제작한 TLD 판독장치의 개략도이다. 열전대의 기전력을 저잡음 OP-Amp로 증폭한 후, 그 출력을 ramp 전압과 비교하여 그 차동출력에 의해 SCR의 전류를 위상제어하여 열판의 온도를 조절하였다. TLD를 가열할때 방출되는 형광은 광전자 증배관으로 검출하였다.

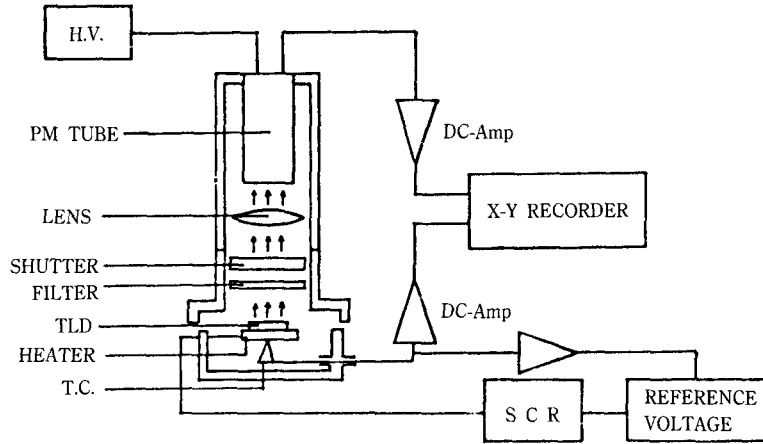


Fig. 2 Schematic diagram of TLD readout system

2) 직장의 흡수선량 측정

TLD의 위치선정은 simulation시 납줄이 들어있는 TLD캡슐을 L-tube속에 넣고 그 L-tube를 직장에 삽입하여 fluoroscopy로 보면서, 측정하고자 하는 지점에 TLD 캡슐이 위치하도록 L-tube의 길이를 조절하여 그 길이를 확인해 둔다. A-P 및 lat 사진을 촬영하면 사진상에는 납줄이 보이는데 납줄이 위치한 지점을 직장의 흡수선량 계산점으로 정하고 컴퓨터로 그 값을 계산한다. 사진을 촬영한 후 L-tube를 제거하여 납줄이 들어 있는 TLD 캡슐 대신에  $MgB_4O_7(Mn)$ 이 들어 있는 TLD 캡슐을 L-tube에 넣는다. 다시 L-tube를 simulation시 확인해 둔 길이만큼 직장에 삽입하여 계산점과 동일한 지점에  $MgB_4O_7(Mn)$  TLD가 위치하도록 한 후 방사선 치료를 시작한다. 매번 치료할 때마다 TLD가 받은 직장의 흡수선량을 판독장치로 측정한다.

결 과

33명의 환자에 대해 직장의 흡수선량을 계산한 값과 TLD로 측정한 값을 그림 3에 나타내었다. 여기서 측정치는 매회 치료시마다 측정하며 평균을 취한 값이다. 측정치와 계산치 사이에 70rad 가까이 차이가 나는 환자도 있는 것을 볼 수 있다.

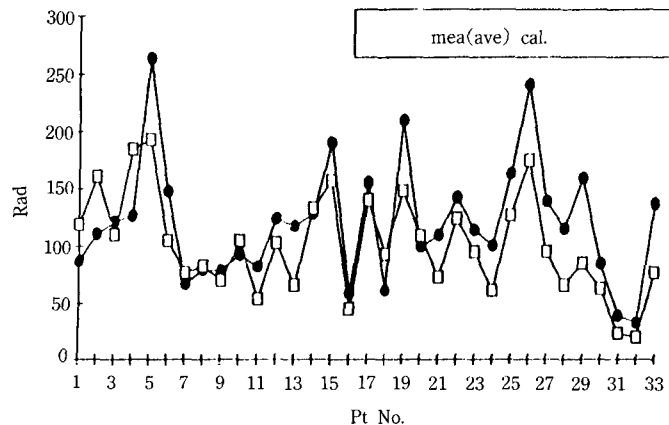


Fig. 3 Comparison of calculated value with measured value

표 1에 측정치와 계산치 사이의 차이가 나는 정도를 %별로 분류하였다.

Table 1. Patient number for each difference

difference	20% 미만	20-39%	40-59%	60-79%	80% 이상
patient No.	9	12	8	3	1

20-39% 차이를 나타내는 환자수가 12명으로 가장 많은 것을 볼 수 있다.

표2는 tandem과 ovoid를 같이 사용한 환자와 ovoid만 사용한 환자에 있어서 측정치와 계산치 사이에 차이가 어느 정도 있는지를 나타낸 것이다.

Table 2. Patient number for each difference with tandem or not

difference	20% 미만	20-39%	40-59%	60-79%	80% 이상
tandem + ovoid	5	10	6	3	1
ovoid only	4	2	2		
계	9	12	8	3	1

Ovoid만 사용한 환자의 경우가 대체로 작은 차이를 나타내는 쪽에 분포하는 것을 볼 수 있었다.

표3은 측정치가 계산치 보다 많은 환자수와 적은 환자수를 %별로 분류한 것이다.

Table 3. Patient number with more increased value or not than calculated value

	20% 미만	20-39%	40-59%	60-79%	80% 이상	계
증 가	4	8	7	3	1	23
감 소	5	4	1			10

전체 환자수 33명중 23명이 계산치보다 높은 측정값이 나왔다.

## 고 찰

조직속에서의 흡수선량을 이론적으로 구하기 위해 여러 연구자들이 많은 노력을 기울여 왔다. Meisberger<sup>3)</sup> 등은 3차 다항식을 컴퓨터 program화 시켰고, Evans<sup>4)</sup>는 조직등가인 물속에서 흡수선량을 구할때 방사성 선원으로 부터 계산하고자 하는 지점까지의 거리에 따라 방사선량이 감소하는 것을 inverse square law을 쓰지 않고 선형감쇠 계수와 build-up factor를 이용하였다. Webb와 Fox<sup>5)</sup>는 Monte Carlo 방법으로 조직등가인 물속에서  $\gamma$ -선 방출체 주위의 한점에서 흡수선량을 계산하였고 Kornelson과 Young<sup>6)</sup>은 앞의 Webb와 Fox<sup>5)</sup>의 방법을 좀 더 개선시켜 조직속에서의 흡수선량을 계산하였다.

현재 직장의 흡수선량을 계산할때 대부분의 치료계획용 컴퓨터에는 위의 연구자들이 고안한 program을 사용하고 있다. 그러나 이론적으로 계산한 직장의 흡수선량은 실제 측정치와 비교해 볼때 여러가지 원인들에 의해 다소 차이가 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서도 표1에서 보는 바와 같이 20% 미만의 차이를 나타내는 환자수는 33명중 9명 밖에 되지 않고 33명중 20명이나 20-59% 차이까지 보이는 것을 알 수 있다. 60% 이상의 차이를 보이는 환자수도 4명이나 되었다. 물론 TLD 시료의 재현성 및 판독과정에 대한 오차를 5% 이내로 보고, L-tube를 삽입할때 길이를 재는 오차도 5% 정도로 고려한다면 실험결과 전체에 대한 오차를 10% 이내로 볼 수 있다. 이런 오차의 범위를 감안하면 33명중 20명은 계산치와 측정치 차이가

10-49% 이내에 들어간다.

이렇게 계산치와 측정치가 차이가 나는 이유는 첫째, 이론적으로 구한 식들이 비록 연조직과 등가인 물에 대한 여러가지 계수를 적용시켜 구한 식이긴 하나 실제 인체는 연조직뿐만 아니라 density가 다른 여러가지 성분들로 구성되어 있으므로 물에 대해 일률적으로 적용된 계수값은 다소 개략적인 값일 것이기 때문이다. 둘째, 강내치료는 환자당 총 6회 시행하는데 제1회 치료전의 컴퓨터에 의해 계산된 직장의 흡수선량을 매회 받는 동일한 양이라고 규정하고 나머지 5회 치료시에는 흡수선량 계산을 하지 않는다. 그러나 매회 치료시 환자의 요동이나 인체의 내부조건에 따라 선원배열의 위치나 직장의 위치가 조금씩 변할 수 있으므로 고선량율로 매회 치료시 직장의 흡수선량을 측정하면 계산값과 차이가 날 수 있다. 계산치와 측정치의 차이에서 또 문제가 되는 것은 계산치보다 적은 측정치를 나타내는 것보다 계산치보다 큰 측정치를 나타내는 환자수가 더 많다는 것이다. 계산치보다 큰 측정치를 갖는 환자수는 33명중 23명(69.7%)이나 되었다. 측정치와 계산치의 차이에서 측정치가 계산치보다 더 큰 값을 갖는 경우가 많은 이유는 다음과 같은 것으로 생각된다. 컴퓨터에 의해 계산할 때는 방사성 선원이 자궁강내에 삽입된 상태로 보고 흡수선량을 계산하지만 실제로는 치료가 시작되기 전에 선원이 선원 tank로 부터 나와서 선원 tube와 applicator를 따라 자궁강내에 삽입될때 까지는 약 5초 정도의 시간이 걸린다. 마찬가지로 설정된 치료시간이 끝난후에 선원이 tank내의 제자리로 돌아갈때 까지도 5초정도 걸린다. 이런 시간 동안에도 방사선은 계속 방출되고 있으므로 그 영향으로 인해 측정치가 계산값보다 높게 나올 수 있을 것이다.

## 결 론

1.  $MgB_4O_7(Mn)$  TLD를 제작하였다.
2. 계산값과 측정값의 차이에서 33명중 20명이 20-59% 범위에 들어갔다.
3. Tandem과 Ovoid를 같이 사용한 경우가 Ovoid만 사용한 경우보다 계산치와 측정치가 차이가 더 많다.
4. 계산치보다 큰 측정치를 갖는 환자수가 33명중 23명(69.7%)이었다.  
강내치료시 직장의 흡수선량을 평가할때는 계산치에만 의존하기 보다는 정밀한 측정을 통해 평균값을 도출해내서 그것을 직장의 흡수선량으로 결정하는 것이 더 합리적이라고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. J. Paun, A. Iozsa and S. Jipa, Dosimetric characteristics of alkaline-earth tetraborates radio-thesmoluminescent detectors, Radiochem. Radioanal. Letters, 28, 411-421, 1977.
2. M. Prokic, Development of highly sensitive  $CaSO_4 : Dy/Tm$  and  $MgB_4O_7 : Dy/Tm$ , Nuclear Inst & Methods, 175, 83-85, 1980.
3. L.L. Meisberger, R. Keller and R.J. Sholek, The effective attenuation in water of the gamma rays of Gold-198, Iridium-192, Cesium-137, Radium-226 and Cobalt-60, Radiology, 90, 953, 1968.
4. R.D. Evans, The atomic nucleus, New York : McGraw-Hill, 732, 1955.
5. S. Webb and R.A. Fox, the dose in water surrounding point isotropic gamma-ray emitters, Br. J. Radiol. 52, 482, 1979.
6. R.O. Kornelson and M.E.J. Young, Brachytherapy build-up factor, Br.J. Radiol. 54, 136, 1981.

## The evaluation of absorbed dose of rectum for the patient of intracavitary treatment <sup>60</sup>Co by MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD

Yoo Myung-Jin\*, Shin Byung-Chul, Moon Chang-Woo, Jung Tae-Sik,  
Yum Ha-Yong, Do Si-Hong\*\*

Department of Premedical Science\* , Department of Therapeutic  
Radiology, Kosin University, Pusan 602-702, Korea

Department of Physics, Soosan University, Pusan, Korea\*\*

### Abstract

By measuring with TLD, absorbed dose of rectum will be determined more accurately than calculated value. MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Mn) TLD phosphor was prepared and its characteristic was studied. To measure the absorbed dose of rectum with TLD, 33 patients who had intracavitary treatment with <sup>60</sup>Co from April 1994 to September 1994 at Kosin Medical center. There were 10-59% difference in most cases between the calculation and the measurement for the absorbed dose of rectum. The difference was less the case with tandem and ovoid than the case with only ovoid.